

# 自然灾害 ——认识和减灾

■ 楚泽涵 李 锋 编著

中国石油大学出版社



# 自然灾害

## ——认识和减灾

■ 楚泽涵 李 锋 编著

中国石油大学出版社

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

自然灾害：认识和减灾 / 楚泽涵，李锋编著. —  
东营：中国石油大学出版社，2010.9  
ISBN 978-7-5636-3255-8

I. ①自… II. ①楚… ②李… III. ①自然灾害 - 普及读物 IV. ①X43-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 182591 号

书 名：自然灾害——认识和减灾

作 者：楚泽涵 李 锋

.....  
责任编辑：隋 芳 王 静 (电话 0532—86981531)

封面设计：王凌波  
.....

出版者：中国石油大学出版社 (山东 东营，邮编 257061)

网 址：<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱：[shiyoujiaoyu@126.com](mailto:shiyoujiaoyu@126.com)

印刷者：青岛星球印刷有限公司

发 行 者：中国石油大学出版社 (电话 0532—86981532，0546—8392563)

开 本：180 × 235 印张：23.75 字数：432 千字

版 次：2010 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

定 价：68.00 元



## 前言 foreword

你，读者，与我同样因生活、骄傲和爱而  
心悸，所以我在下面献给我内心的吟唱。

——惠特曼：《草叶集·你，读者》

自然灾害是地球表面附近的生物圈内，在特定的自然环境条件下发生、而且超越人类社会的控制和承受能力的事件。自然灾害是人类遇到的重要生态环境问题。人类文明发展和进步的历史，从某种意义上说，也是人类经历、认识和抗御自然灾害的历史。在世界文明史上，严重的自然灾害不仅危及人类生命，造成财产损失，也对人类社会的政治、经济、文化、宗教产生过重要影响。现代，自然灾害更是社会安定和人类正常活动的干扰因素。

编写一本图文并茂、自然科学与人文科学交融的有关自然灾害及其应对的图书是本书编写者和很多朋友的希望。本书将对各种自然灾害的定义、危害、分级或分类，以及发生的原因做简要说明，目的是希望通过对各种自然灾害的审视，使全社会都更加关注影响人类生存和发展的生态环境和自然灾害问题。书中大量使用图片是希望能够增加读者对各种自然灾害的理解和记忆。书中还摘录了与自然灾害有关的专业知识和一些古今文人对自然现象和灾害的描述，并以相关链接的形式（排成楷体字）供读者参阅，以加深对自然灾害的认识。限于篇幅，对于虫灾和泥石流、滑坡等，本书未有专门篇幅介绍，或可在今后补充和修订。

本书是北京市教育委员会与中国石油大学（北京）共建计划所支持的项目。该项目得到了中国石油大学（北京）地球物理系毛志强教授的关心和指导。李锋参与了本书的立项策划和设计，并负责对全部图片进行编辑审定，还编写了本书的主题词索引。本书



中对云南腾冲地区火山介绍的内容曾请中共保山市委宣传部蔺斯鹰同志审阅，并由保山市委宣传部毛三、杨庆宗同志提供了图片，他们还对数据和文字进行了核实、修改和补充。编写者青少年时代的朋友张彦藏等对本书的编写给予了关心和帮助。本书引用了大量图片，凡是能够注明出处的，都给予了说明，也有些没有找到出处，编写者谨向这些图片的作者表示敬意，并希望得到他们的理解：他们的作品在提高公众对自然灾害的认识上起了作用。对某些图片的使用也已经或正在办理有关手续。在此，对所有给予本书出版以关心和帮助的同志，特别是多年来关心和帮助本项工作的北京市教育委员会，表示谢意！

楚泽涵

2009年5月

绪 论 认识自然灾害，学会应对危机 .....	1
第一章 太阳、地球和气候 .....	7
第一节 地球——人类的家园 .....	7
第二节 太阳——地球上能量的主要来源 .....	16
第三节 气候——太阳辐射在地球表面形成的复杂系统 .....	25
第二章 自然灾害的一般表述 .....	37
第一节 对自然灾害定义的讨论 .....	37
第二节 自然灾害的分类 .....	43
第三节 自然灾害的影响和危害 .....	51
第四节 中国的自然灾害 .....	69
第三章 气象灾害 .....	77
第一节 台风、飓风、龙卷风 .....	80
第二节 暴雨、洪水和涝灾 .....	106
第三节 干旱和旱灾 .....	129
第四节 沙尘暴、霾、雾 .....	144
第五节 寒潮、雪灾、霜冻 .....	166
第六节 高温和闷热天气 .....	179
第七节 雷暴 .....	186
第八节 冰雹 .....	198



<b>第四章 地质灾害：地震、海啸、火山</b> .....	205
第一节 地震灾害的一般表述 .....	205
第二节 世界地震灾害 .....	221
第三节 中国地震活动及其空间、时间分布规律简述 .....	232
第四节 地震预测及预报 .....	245
第五节 海啸 .....	270
第六节 火山 .....	284
<b>第五章 海洋灾害和环境灾害</b> .....	300
第一节 海洋灾害：风暴潮、海浪、海冰、赤潮 .....	300
第二节 环境灾害 .....	326
<b>第六章 减灾——危机应对</b> .....	346
第一节 减灾意识 .....	346
第二节 减灾和应急体系 .....	354
<b>附录</b> .....	366
主题词中英文索引 .....	366
西北太平洋和南海热带气旋 - 台风命名表 .....	370
<b>参考文献</b> .....	371

### 一、问题的提出

#### 1. 极端性天气事件趋于频繁

进入21世纪以来，全世界各种自然灾害、尤其是极端天气灾害事件频繁。以2007年为例，英国夏季出现200年一遇的特大暴雨和60年一遇的洪水；南亚夏季高温达51.6℃，意大利和美国西海岸都出现45℃以上的高温；在海湾地区，历年极少见到的强热带风暴“古努”6月在卡塔尔登陆；11月超强热带风暴“锡德”在孟加拉登陆，造成3400余人死亡。在中国，2月28日在新疆，从乌鲁木齐开往阿克苏的旅客列车被14级大风（风速41.8 m/s）吹翻；在淮河流域，6月下旬到7月底连续降雨，出现了自1954年以来的最大洪水；重庆沙坪坝区7月17日24小时降雨266.6 mm；济南7月18日降雨151 mm；福州夏季有32天的气温超过35℃；上海气温35℃以上连续多日。这些都是有气象记录以来罕见的。在部分地区高温持续的同时，江南和华南大部分地区干旱，东北和内蒙古地区夏季出现严重干旱。另外龙卷风和雷暴等特殊天气事件多发，造成多起人员死亡事件，2007年，仅因雷击死亡人数就达676人。

根据紧急灾难数据库记载，2008年全世界发生321次自然灾害（其中80%~90%与气候恶化有关），死亡23.6万人，受灾人口达21.1亿，经济损失1800亿美元，是2000年至2007年年均值的2倍。其中，1月10日—2月2日，中国南方地区出现四次大面积低温雨雪冰冻过程，受其影响有19个省（市、区）受灾。在此期间，全国累计23万 km 公路被迫封闭，8.2万 km 公路损毁；湖南郴州的输电塔倒塌，压倒京广铁路的输电线，使京广线和沪昆铁路部分区段停运。受灾期间正值2008年春节前后，部分省市交通受到严重影响，全国13个省（市、区）的2.7万条输电线路断线，严重影响当地的社会生活，成为2008年年初全国乃至全世界关注的事件。

在全球气候变暖的大背景下，随着地面和海洋上空气温升高，大气环流中的不稳定





因素增加，极端性天气事件发生的次数和强度都会增加。

## 2. 中国大陆地震活动宁静期即将结束，新一轮地震活跃期即将开始

中国地处欧亚大陆板块的东南部，在欧亚大陆板块和太平洋板块、菲律宾板块的交汇处，受喜马拉雅地震带和环太平洋地震带的影响，地震活动频度高、强度大、震源浅、地震活跃区分布广泛，是世界上遭受地震灾害最严重的国家之一。中国所有省（市、区）都发生过5级以上地震；按中国地震烈度表的统计，基本烈度为Ⅶ度以上的区域面积为312万 km<sup>2</sup>，占国土面积的32.5%，全国299个大中城市中有136个城市（其人口占全国城市人口的一半）的地震基本烈度为Ⅶ度以上，人口在50万以上的61个大城市中有33个（其人口占全国城市人口的54.1%）的地震基本烈度在Ⅶ度以上。

中国从1900年到1994年共发生过1921次5级以上地震，平均每年18~20次。20世纪全世界共发生过7级及以上地震约1500次，其中，大约1/10发生在中国境内；全世界陆地地震约有33%发生在中国大陆和台湾地区；中国发生的地震释放的能量约占全世界的35%；20世纪全世界发生8.5级及以上陆地地震3次，其中2次发生在中国（1920.12.16，宁夏海原，8.6级；1950.8.15，西藏察隅，8.5级）。

根据对历史上发生地震的统计，中国的地震活动有活动相对强烈的活跃期（持续时间11~25年，此期间发生7级或7级以上地震的频度为1.25~2次/年）和宁静期（持续时间11~22年，此期间发生7级或7级以上地震的频度为0.36~0.8次/年），每个活跃期都有强震活动相对活跃的区域。中国上一个活跃期是1988—1999年，这12年内共发生7级及以上地震16次，主要活跃区域是中国台湾、云南和新疆的地震带。

从2000年开始中国进入地震宁静期，2000—2007年，中国发生过8级地震1次（2001.11.14，昆仑山口，8.1级），7级以上地震4次（其中3次在中国台湾及其附近海域）。2003—2007年，中国大陆连续5年没有发生7级及7级以上地震。根据历史资料推断，从2000年开始的宁静期将在近期结束，2008年3月21日在新疆于田发生的7.3级地震及5月12日在四川汶川发生的8.0级地震或标志中国重新进入地震活跃期。

地震是所有自然灾害中死亡人数最多的灾害，1950年以来中国死于地震灾害的人数超过35万，其中唐山地震（1976.7.28，河北唐山，7.8级）死亡近24万人，是20世纪地震灾害死亡人数最多的一场灾难。同时地震也是社会恐怖心理最严重的灾害，随着地震活跃期的临近，必须要有得当的应对措施。

## 3. 中国历来是自然灾害频繁、灾害损失严重的国家

20世纪以来，全世界每年所发生的自然灾害都会使上万人丧生，而严重的自然灾害



甚至可在短时间内夺去几十万人的生命。据不完全统计，20世纪发生的一次死亡人数在万人以上的自然灾害约50次。每年因自然灾害所造成的经济损失为200亿~1000亿美元。

中国是世界上自然灾害最严重的国家之一，灾害的种类多而且频繁，对公众和社会的危害强烈。严重的自然灾害不仅给公众造成生命、财产的损失和生产力的破坏，也是造成社会动荡的原因之一。

20世纪全世界发生过4次死亡人数在10万以上的严重自然灾害，其中2次发生在中国。20世纪以来几乎每年都有比较严重的自然灾害发生。

根据民政部和国家气象中心的统计，中国气象灾害所造成的经济损失占有所有自然灾害经济损失的71%，依次为：地震灾害，占8%；海洋灾害，占7%；农林和畜牧业的生物灾害，占6%；其他灾害（太阳活动和泥石流、滑坡等地质灾害），占8%。1990—2004年，每年由气象灾害所造成的经济损失约占当年国内生产总值（GDP）的3%~6%（中国台湾、香港、澳门未统计在内），往往一次台风就刮掉当年GDP的1%~3%。

自然灾害最直接的后果是农作物减产、用于生产和生活的公众财产和设施受损（房屋、厂房和店铺的损坏和倒塌等）等经济损失，也会引发次生的灾害（如地震后的火灾、洪水后的瘟疫、干旱引发的森林火灾等）。由于整个社会生产力的发展进步，自然灾害还影响到交通运输、水和电力的供应等社会生活的各个方面。20世纪50年代，中国每年因为自然灾害的损失平均为476亿元，90年代则增加到1000亿元以上；1998年由于长江流域和松花江流域的洪水，全年经济损失2978亿元；自然灾害总体偏轻的1999年，经济损失800亿元。进入21世纪后，自然灾害造成的经济损失总体呈上升的趋势：2004年为1566亿元，2006年为1528亿元。2008年1月中旬至2月中旬中国南方的雨雪冰冻灾害就造成107人死亡，直接经济损失1595亿元；5月12日汶川8级地震，经济损失高达8451亿元。2008年全年因自然灾害死亡88928人，是1976年唐山地震以后，因天灾死亡人数最多的一年，2008年由自然灾害所造成的经济损失达13500亿元，占当年GDP的4.48%。

中国既是自然灾害严重的国家，同时也是自然灾害记录最完整的国家，从公元前18世纪以来，几乎无年不灾。有文字记载的2000多年以来，有记录的水灾约1600次；从公元前16世纪的夏桀五十二年（1896年）到清光绪二十二年（1896年）的3363年间共有3322次地震记录。在近4000年有文献记录的灾害中，水灾、旱灾和地震是发生频度最高、危害最严重的自然灾害（见表绪-1）。



表绪-1

中国公元前18世纪到20世纪40年代自然灾害的频度

单位：次（%）

时间	水灾	旱灾	蝗灾	雹灾	风灾	瘟疫	地震	霜雪	饥馑	总计
公元前18世纪至20世纪40年代	1 058 (20)	1 074 (20)	482 (9)	550 (11)	518 (10)	261 (5)	705 (13)	203 (4)	407 (8)	5 258 (100)
1900—1940	1	19	10	6	8	7	13	7	4	101

注：资料引自张鸿祺等的《灾难医学》，中国协和医科大学、北京医科大学联合出版社1993年版。

自然灾害的历史记录为灾害研究提供了条件。

#### 4. 中国的公众甚至政府官员对自然灾害的知识普遍匮乏

中国的灾害预防教育还相当落后，公众对自然灾害的知识相当匮乏。普遍的问题是各类学校里很少有关于预防自然灾害的系统教育，公众普遍缺乏有关自然灾害防御和灾害救助的知识。特别是，中国农村人口比例大，居住分散，交通和通信落后，居民知识水平有限，预防和抗御自然灾害的知识极为匮乏。即使是在城市，居民社区的预防和抗御灾害的教育往往流于形式，仅限于散发宣传材料，没有相关的专业知识教育，更没有像美国的佛罗里达州那样每年定期进行抗御热带风暴的演习和像日本那样定期应对地震灾害的教育和演习。特别要提到的是，作为公共信息传播的媒体对自然灾害这样影响公众生命安全的重要事件，在日常的关注程度上、在宣传的广泛和深入程度上、在宣传的技术上都十分不够。在严重灾害发生时，及时、充分地向公众公告有关信息非常不够。而与之形成反差的是，在某些时段，有关地震的谣言、有关SARS疫病的传闻不胫而走。在灾害发生后，媒体宣传和介绍各种简单适用的抗御灾害的知识（例如，如何抗御低温、预防长期旅途中的精神障碍、在拥堵的公路上的司机和人群如何自救等）也非常不够。

由于公众抗御灾害的知识匮乏，灾害发生时相当多的公众手足无措。例如，2007年5月23日重庆开县某乡村小学在雷击事故中死亡7人，受伤44人。究其原因，与学校管理者和教师的防灾知识匮乏，教室没有避雷设施，雷击发生时躲避位置不当（躲在大树下）有关。再如，每年中秋节后钱塘江观潮时，人们不顾安全规定，超越警戒线而被潮水冲走的事件几乎年年发生。

政府官员在自然灾害面前缺乏正确的应对措施则会带来更严重的后果。例如，2005年10月2日第19号台风“龙王”在福建登陆，福州连续7日大雨，而地方政府决策者没有及时腾空水库，致使山洪泻下时155人死亡，经济损失155亿元；2007年，有人认为长江流



域将出现类似1998年的全流域大洪水，又由于6月汛期开始时的几场大雨误导，于是匆忙放空了水库的存水，结果却遇到了连续数十天的干旱，由于水库的“保命水”已被放空，致使人畜饮水都发生困难。

### 5. 自然灾害的教育应该被置于重要位置

鉴于20世纪后期全世界自然灾害频繁，给人类带来的灾难日趋严重（每年死亡万人以上，经济损失200亿~1000亿美元），1984年7月美国国家科学院院长弗兰克·普雷斯提出，由联合国组织在全世界范围内开展目的是减轻自然灾害对人类危害的、为期十年的活动。1987年第42届联合国大会通过决议，决定从1990年到1999年在全世界开展“国际减轻自然灾害十年”（International Decade for Natural Disaster Reduction，缩写为IDNDR，中文简称“国际减灾十年”）活动。在该活动中，教育计划被列为重要内容，除了对公众进行减灾知识普及和教育外，特别提出针对减轻自然灾害设置专门的大学课程。1999年，在“国际减灾十年”活动结束后，联合国第54届大会通过决议，决定从2000年起将减灾作为长期的、战略的行动持续开展下去，并规定每年10月的第二个星期三为“国际减灾日”，每年的减灾日都有特定的主题：2006年的主题是“减灾始于学校”，2007年的主题是“防灾，教育和青年”。中国也从2009年起将5月12日定为减灾日，2009年的主题是“将安全付诸行动，让安全融于生活”。

特别值得提出的是，“国际减灾十年”不仅关注自然灾害发生的机理研究和抗御对策等自然科学、技术手段和相关的经济学方面的问题，还特别注重“探讨不同文化基础对自然灾害的反应”，以及“不同社会文化条件下，可以接受的灾害的危险性水平和选择减灾的对策”（例如，由于传统的习惯和文化背景，某些人群不愿意甚至拒绝从容易发生灾害的地区迁出），这显然是重视对自然灾害认识和抗御的人文科学背景。

## 二、国内外有关自然灾害的教育和知识普及情况及建议

几年前，美国的斯坦福大学、加州大学伯克利分校等著名大学先后开设了有关自然灾害的公共课程，选修该门课程的人数增加很快，从初期的20多人发展到超过200人。

在中国，2004年陈颢院士在中国科学院研究生院开设了“新闻中的自然灾害”（Natural Disaster on the News）；2005年该课程更名为“自然灾害中的物理学”，力图从能量变化的角度说明各种自然灾害发生的机理和特征。同期，北京师范大学的史培军教授也在讲授类似课程。据媒体报道，北京大学环境工程学院与国家环境保护总局宣教中心联合开设“气候变化”课程，并对其他大学开放。应该说，这都是新的开始。



国外相应课程有印刷版和电子版的教材，但是自然灾害的史料和实例则几乎全部是西方国家的案例，遭受自然灾害最严重的东方国家和发展中国家的实例很少。为此，陈颢院士和史培军教授编写了《自然灾害》一书，这本书图文并茂、内容生动，一改以往中国高等学校教材在形式上“生、冷、硬、涩”的面貌，做到了编著者希望的“知识性和实用性并重”，而且视野开阔、思路灵活，因而比一般的教科书更能启发学生的创新思维。本书延续陈颢等人的思路，力图在对自然灾害的认识上更为广泛，在内容扩展上更兼顾自然科学和人文科学，在实例及图片选择上更结合中国和现代。

本书认为，应该更进一步地普及有关自然灾害和危机应对的知识，而且应该明确：减灾始于学校，使公众，特别是大学生和研究生有比较深入的关于自然灾害和应对灾害的必要知识，使大学生对自然灾害的认识既有历史感又有现实感，对现代社会的发展既有成就感又有危机感，特别是培养大学生超越职业训练以外的想象能力。

本书从地球和太阳系的一般知识讲起，并对自然灾害的定义、分类，人类对自然灾害认识的历史等进行说明和讨论，对气象灾害、地质灾害、海洋灾害、环境灾害的形成机理、危害特征、空间和时间分布及重要案例给予介绍，并介绍自然灾害的预测预报及灾害救援的一般知识。

### 三、对自然灾害认识的出发点

本书在考察自然灾害问题上的基本出发点是：①自然灾害毕竟是地球上物质运动的一种形式，因此应该是有规律的，而既然有规律，就应该是可以认识的，当然，这种认识是有过程和阶段的；②对自然灾害的治理应该着重于预测，应该用“将自然灾害的危险减为最小”的减灾思路来代替“将自然灾害的损失减为最小”。

还要说明的是，预测和预报虽然有密切关系，但却是两个性质完全不同的概念：预测是科学研究部门或有关专家所进行科学研究的结果，是探索性甚至有高风险的行为；预报则是政府或政府授权的部门就自然灾害或其他可能影响公众生活和社会安定的事件向公众公告的行为。预测的探索性乃至高风险性与预报要求的高度准确性往往会产生矛盾，因此预报者要对预测结果的准确性进行评估，考虑到某些预报结果会在社会 and 公众心理上产生影响，还要对预报可能产生的后果进行评估，而且某些重要区域或者重要的自然灾害预报是有授权限制的。

基于上述的考虑，我们编写了本书，并希望在普及自然灾害知识、提高公众特别是大学生的减灾意识上起到作用。

# 第一章 太阳、地球和气候 →

## 第一节 地球——人类的家园

天和地被创造了，大海涨落于两岸之间。  
鱼在水里嬉游，飞鸟在空中歌唱，大地上拥挤  
着动物。

——斯威布：《希腊的神和传说·普罗米修斯》

### 一、地球的内部结构和地球表面的板块

地球是围绕太阳旋转的8颗行星之一，是人类在宇宙中的家园，是人类目前知道的、被证实为有生命现象的唯一星体。地球是距离太阳约1.5亿km的椭球体，其通过南北极的地轴长12 714 km，略短于赤道处的直径（12 756 km）。地球上陆地面积占地球表面面积的29.2%，其余70.8%的面积为海洋。地球自转一周的时间为23小时56分4秒，绕太阳公转一周的时间是365天6小时9分9秒，地球的质量为 $6 \times 10^{21}$  t。科学家估计，地球大约在46亿~50亿年前形成。

地球的固体表面以外被一层厚约2 000 km的空气包围，这就是大气圈（层）。地球固体表面最外面的一层岩石组成的外壳叫地壳，其厚度在陆地下面最厚，平均厚度40 km，最厚处可达70 km；而在海洋下面平均厚度约10 km，最薄处仅厚约7 km。地幔最上层厚约70~150 km（平均100 km），是与地壳紧密连接在一起的坚固岩石，称为岩石圈。岩石圈的下面是厚度约2 900 km、占地球体积90%的地幔，由高温的硅酸盐矿物质组成。其中，最上面的、厚度约100 km的一层是熔融或半熔融的硅酸盐矿物（软流层），称为上地幔或上地幔软流层。上地幔以下的高温硅酸盐矿物质虽然是固态的（下地幔层），但是以上百万年的时间计，仍然可以认为是在缓慢地流动着的。地幔的下面是地球的核（地



核),地核分为外核和内核两部分,外核厚约2 000 km,是温度约2 200 ℃的熔融的铁和镍,由于这些导电的熔融状物质的流动,形成了地球的地磁场(月球上没有这样的导电层的流动,因此没有月磁场)。外核下面,在地球中心处直径2 740 km以内是温度为4 500 ℃的由铁和镍组成的内核,由于在内核处压力极大,所以,即使温度高达4 500 ℃,内核也是固态的。地球的结构示意图见图1-1。

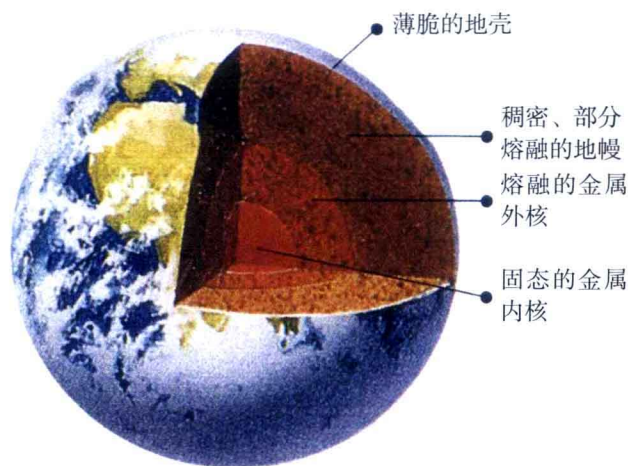


图1-1 地球内部结构示意图

## 二、生物圈

生物圈是地球上所有生物及其生存环境的集合体,包括地球上的水圈、大气圈、地壳和岩石圈(固体地球)的上层。即生物圈是包括气态、液态和固态的物质,有太阳辐射和地球内部的辐射作为能源的、处在变化过程中的复杂系统。

### 1. 岩石圈

地球上的陆地约在2亿年前(约是地质历史上的二叠纪时期)是连接在一起的,被称为联合古陆的超大陆。约在1.35亿年前(约是地质历史上的侏罗纪时期),联合古陆分裂为劳拉西亚古陆(包括现在的欧亚大陆和北美大陆)及冈瓦纳古陆(包括现在的澳洲、南极洲、非洲、南美洲和印度)。此后,劳拉西亚古陆又分裂成欧亚板块和北美洲板块,在欧亚板块和北美洲板块之间形成太平洋板块;冈瓦纳古陆又分裂成澳洲-印度洋板块、非洲板块、南极洲板块、南美洲板块,在非洲板块和南美洲板块之间形成大西洋板块。在上述的大板块之间还形成了一些小的板块,如欧亚板块和太平洋板块之间的菲



律宾板块，欧亚板块和非洲板块之间的伊朗-阿拉伯板块，北美洲板块和南美洲板块之间的加勒比板块等。综上所述，地球上有欧亚板块、北美洲板块、南美洲板块、非洲板块、澳洲-印度洋板块、太平洋板块、大西洋板块、南极洲板块等八个大板块，另外还有菲律宾板块、加勒比板块、伊朗-阿拉伯板块等多个较小的板块。

地球表面上的陆地和海洋都坐落在地表面以下约100 km的岩石圈的岩石块体上，而这些岩石块体又是浮在地幔的熔融的热熔岩上，来自地球内部的热量使这些岩石块体产生运动，并导致各板块的移动，现代板块的移动速率约为2.5 cm/a（与人指甲的生长速率相当）。但是，板块移动的不同阶段，其移动速率是不同的。例如，印度洋板块在没有和欧亚板块碰撞以前，每年向北移动的速率是10 cm/a，这两个板块碰撞到一起后移动速率降低到5 cm/a。由于印度洋板块是从欧亚板块下面楔入，这就形成了喜马拉雅山脉，而且喜马拉雅山脉还在继续隆起。也是由于板块间的碰撞，这一地区成为地震的活跃区。全球岩石圈板块构造图见图1-2。

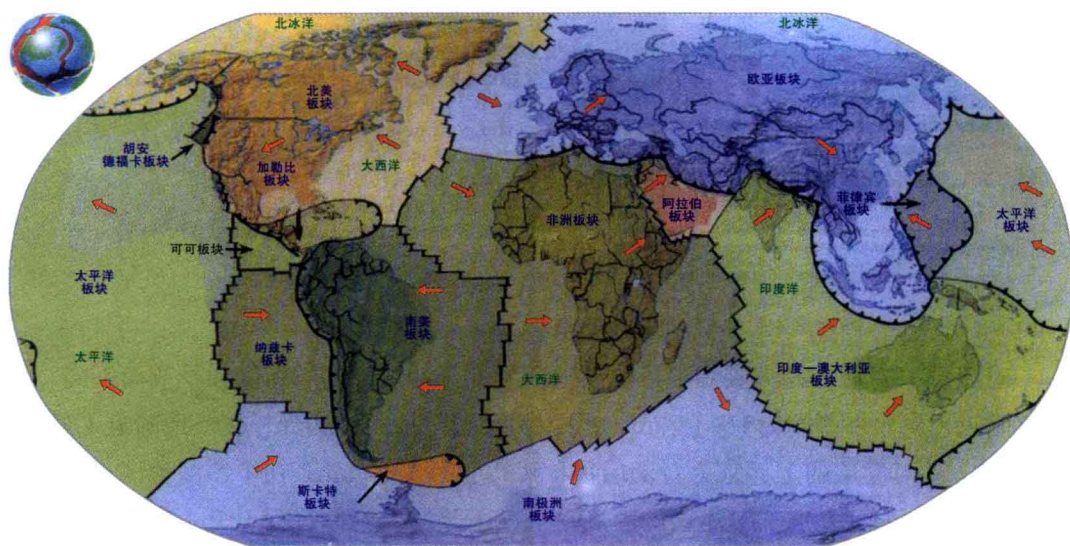


图1-2 全球岩石圈板块构造图（根据J. P. Davidson等，1997，转引自：陈颛《自然灾害》）

## 2. 大气圈

地球表面被主要成分为氮（ $N_2$ ，占78.08%）和氧（ $O_2$ ，占20.95%）的气体混合物[其他成分还包括占0.93%的氩（Ar）和占0.04%的二氧化碳（ $CO_2$ ）]组成的大气圈包围。大气圈受地球引力的作用，并随地球旋转。大气圈的质量约为 $5 \times 10^{15}$  t，占地球质量的





百万分之一。地球的半径为 6 370 km，大气质量的一半在离地面 5 km 以内，99% 的质量在离地面 30 km 以内。大气圈的厚度约 1 000 ~ 1 400 km，其温度随高度变化，并分为对流层、平流层、中间层和热层，其示意图见图 1-3。

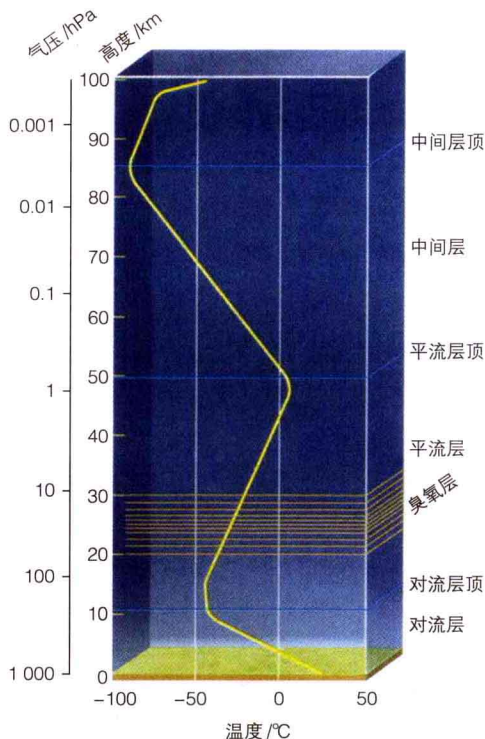


图 1-3 大气圈的分层结构示意图

**对流层** 对流层是大气圈中最贴近地面的部分，其厚度随纬度和季节而不同。在赤道附近（夏季）厚度为 16~18 km，在中纬度地区为 10~12 km，在极地附近（冬季）为 8~9 km。对流层的上界称为对流层顶，其高度为 8~17 km。在中纬度地区，对流层顶的温度为 -55~50 °C。对流层的温度是上冷下热，大约高度每上升 1 000 m 温度下降 5~7 °C。不同高度上的温度差异产生了热空气上升和冷空气下降的对流。但是在对流层的顶部，气流多是沿水平方向运动，在北半球气流的运动方向通常与地球自转的方向相反，这一高度往往是商业服务的喷气式飞机飞行的最佳区域。对流层中大气的密度大，其质量占大气圈全部大气质量的 4/5。大气圈中的水汽几乎全部在对流层中，这些水汽随气流的垂直对流（风）和水平移动形成雨、雾、霜、雪、雹、雷电等天气现象，尤其是在离地面 1~2 km 范围内的大气，受地形、人类活动的影响，局部的气流